

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování



Zařízení na zavážení pilin do kotle

Equipment for Sawdust Loading to the Furnace

Student:	Petr Konopka
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Martin Janečka

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Konopka**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**  
Specializace: **20 Výrobní stroje a zařízení**  
Téma: **Zařízení na zavážení pilin do kotle**  
**Equipment for Sawdust Loading to the Furnace**

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu firmy zpracovávající dřevo navrhnete venkovní zásobník spolu se šnekovým dopravníkem pro navážení mokrých pilin do zásobníku kotle (1 m<sup>3</sup>). Typ kotle - SZDO (FIEDLER), výkon kotle je 300kW.

**Proved'te:**

1. Rešerži mapující přehled zásobníků na sypný i nesypný materiál.
2. Navrhnete venkovní zásobník na mokré piliny o kapacitě min. 5 m<sup>3</sup>, se spodní výsypkou včetně nezbytných výpočtů.
3. Návrh šnekového dopravníku (šnek, motor, převodovku), včetně výpočtů.
4. Výrobní výkres venkovního zásobníku včetně její sestavy se šnekovým dopravníkem.

**Rozsah práce:**

- min. 35 stran textu mimo přílohy včetně max. 5ti stran výtahu z Ročníkového projektu - mimo přílohy, rozsah přílohy výkresové části min. 1A0

Seznam doporučené odborné literatury:

HRABOVSKÝ, L. *Strmá a svislá doprava pásovými dopravníky I*. Ostrava: VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2004. 110s. ISBN 80-248-0524-3

HRABOVSKÝ, L. *Strmá a svislá doprava pásovými dopravníky II*. Ostrava: VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2004. 136s. ISBN 80-248-0625-8

POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I - 1. vyd.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001. 99 s. ISBN 80-248-0043-8

KVAPIL, R. *Zásobníky na nesympké hmoty - 1. vyd.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1957. 53s.

HLAVENKA, B. *Manipulace s materiálem : (systémy a prostředky manipulace s materiálem) - 3. vyd., přeprac.* Brno: Vysoké učení technické, 1990. 164s. ISBN 80-214-0068-4 (brož.)

LITERÁRNÍ REŠERŽE – zpracována v rámci Ročníkového projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

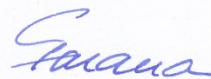
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Janečka**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: .....

.....  
podpis studenta

### **Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě: .....

Konopka Petr  
Horní Těrlicko 360, 735 42

.....  
podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KONOPKA, P.     *Zařízení na zavážení pilin do kotle.* Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 46 s. Bakalářská práce, vedoucí práce Ing. Janečka, M.

Bakalářská práce se zabývá projekčně-konstrukčním návrhem násypky a šnekového dopravníku, dopravující vlhké piliny do kotle.

Práce se skládá z teoretického úvodu, kde jsou uvedeny základní poznatky násypkách a různých druzích dopravníků, včetně šnekových. Další část práce se zabývá návrhem násypky a návrhem šnekového dopravníku, včetně výpočtů. Práce rovněž obsahuje výkresovou dokumentaci v příloze.

## ANNOTATION OF THESIS

KONOPKA, P.     *Equipment for Sawdust Loading to the fence.* Ostrava: department of production machines and designing, faculty of mechanical engineering, VŠB - Technical University of Ostrava, 2011, 46s. Bachelor paper, leader – Janečka, M.

This bachelor thesis deals with a hopper design and a design of a worm-conveyor that transports wet sawdust into a furnace.

This work consists of a theoretical introduction, where you will gain a basic knowledge about hoppers and conveyors of different types including a worm-conveyor. The next section is devoted to a hopper design and a worm-conveyor design and includes calculations. The work includes also a design documentation in its appendix.

# Obsah

Seznam použitých značek .....	- 9 -
1 Úvod .....	- 10 -
2 Zásobníky .....	- 11 -
2.1 Rozdělení zásobníků .....	- 11 -
2.2 Zásobníky na nesycké hmoty .....	- 11 -
2.2.1 Základy teorie toku nesycké hmoty .....	- 11 -
2.2.2 Tření nesycké hmoty o povrch žlabu .....	- 12 -
2.3 Žlabové zásobníky s nuceným pohybem nesycké hmoty .....	- 14 -
2.4 Válcové zásobníky s nuceným odběrem nesycké hmoty .....	- 14 -
2.5 Štěrbínové zásobníky s nuceným odběrem .....	- 17 -
3 Piliny .....	- 18 -
4 Obecné rozdělení dopravníků .....	- 20 -
4.1 Unášivé dopravníky .....	- 20 -
4.1.1 Pásové dopravníky .....	- 20 -
4.1.2 Korečkové dopravníky .....	- 21 -
4.2 Hrnoucí dopravníky .....	- 21 -
4.2.1 Hřeblové dopravníky .....	- 21 -
4.2.2 Šroubové dopravníky .....	- 22 -
4.2.3 Řetězové dopravníky .....	- 22 -
5 Šnekové dopravníky .....	- 22 -
5.1 Úvod .....	- 22 -
5.2 Základní části dopravníku .....	- 24 -
5.2.1 Šnek .....	- 24 -
5.2.2 Žlab .....	- 26 -
5.2.3 Pohon .....	- 26 -
6 Vlastní návrh zařízení .....	- 27 -
6.1 Stávající stav .....	- 27 -
6.2 Morfologická matice .....	- 31 -
6.3 Návrh šnekového dopravníku .....	- 32 -
6.3.1 Návrh pohonu s převodovkou .....	- 32 -
6.3.2 Návrh ložiska .....	- 34 -
6.3.3 Návrh spojky .....	- 37 -
6.4 Návrh násypky .....	- 38 -
6.4.1 Rozměry násypky .....	- 38 -
6.4.2 Konstrukce násypky .....	- 40 -

6.5	Detaily řešení .....	- 40 -
6.5.1	Podpory .....	- 40 -
6.5.2	Uchycení ložiska .....	- 41 -
6.5.3	Řešení pohonu .....	- 41 -
6.5.4	Vysypávání materiálu ze žlabu.....	- 41 -
6.5.5	Uzavírání násypky.....	- 41 -
6.5.6	Otevírání stříšky .....	- 41 -
6.5.7	Kryt žlabu .....	- 41 -
6.5.8	Díra z vedlejší linky .....	- 41 -
7	Závěr .....	- 42 -
	Seznam použité literatury a zdrojů .....	- 43 -
	Seznam příloh.....	- 46 -



## Seznam použitých značek

D	průměr šneku	[m]
L	maximální délka šneku	[m]
d	průměr trubky šnekovnice	[m]
s	stoupání šnekovnice	[m]
t	tloušťka šneku	[m]
$n_{krit}$	kritické otáčky šneku	[s <sup>-1</sup> ]
$\psi$	součinitel plnění	[-]
n	otáčky šneku	[s <sup>-1</sup> ]
$C_H$	součinitel sklonu dopravníku	[-]
$Q_V$	dopravované množství	[m <sup>3</sup> /hod]
$\rho_V$	objemová hmotnost dopravovaného materiálu	[kg/m <sup>3</sup> ]
$l_V$	vodorovná dopravní vzdálenost	[m]
w	celkový součinitel odporu	[-]
h	dopravní výška	[m]
g	gravitační zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$R_S$	účinný poloměr šneku	[m]
$M_K$	kroutící moment	[Nm]
$\alpha$	úhle stoupání šnekovnice	[rad]
$\varepsilon$	třecí úhel mezi materiálem a šnekovnicí	[rad]
$F_A$	axiální síla	[N]
$F_R$	radiální síla	[N]
$V_1$	objem horního dílu násypky	[m <sup>3</sup> ]
$V_2$	objem dolního dílu násypky	[m <sup>3</sup> ]
$S_1$	vnitřní plocha horního dílu násypky	[m <sup>2</sup> ]
$S_2$	plocha dolního uzavíracího dílu	[m <sup>2</sup> ]
$V_S$	celkový objem násypky	[m <sup>3</sup> ]
P	ekvivalentní zatížení ložiska	[N]
C	základní dynamická únosnost	[N]
$L_{10}$	základní trvanlivost	[10 <sup>6</sup> ot]

# 1 Úvod

Na úvod této práce jsem udělal krátkou zprávu s poznatky o různých násypkách pro různé materiály, včetně vlastností materiálu, který bude jako dopravovaný materiál v této práci. Dále jsem udělal zprávu o dalších možných typech dopravníku, včetně širší zprávy o šnekových dopravnících

Cílem této práce je vymyslet efektivnější zařízení pro zavážení vlhkých pilin do kotle ve firmě JEWA ve Vendryni, která se zabývá zpracováním dřeva. V současné době funguje zařízení tak, že před místností s kotlem je malá budova dřevěné konstrukce, do které se navážejí piliny, a poté se ručním způsobem, např. pomocí lopat, vynášejí právě do vedlejší místnosti s kotlem. V práci bude nutno vymyslet venkovní násypky o min. objemu  $5 \text{ m}^3$  s požadavkem, aby co nejméně zasahovala do prostoru před místností s kotlem, a zároveň ji navrhnout tak, aby do ní mohl nasypávat nakládač, který na firmě mají. Bylo třeba vymyslet také způsob otevírání stříšky násypky, zajistit návaznost s vedlejší linkou, a také možnost uzavření násypky při možné opravě šneku. Dále je třeba navrhnout šnekový dopravník, včetně motoru, převodovky, ložisek, tak, aby dopravil do výsypky v místnosti s kotlem  $1 \text{ m}^3$  za hodinu.



Obrázek 1. Pila JEWA ve Vendryni

## 2 Zásobníky

### 2.1 Rozdělení zásobníků

- podle tvarů

např. pravoúhlý půdorys, kruhový půdorys, mnohoúhelníkový půdorys, kulový tvar, komolý kužel,...

- podle materiálu

např. ocel, plast, sklo, železobeton, sklolaminát

- podle délky uschovávání

bunkry (krátkodobé), sila (dlouhodobé přechovávání), sila se dále dělí na stacionární (jednokomorová, dvoukomorová, vícekomorová), a transportní sila. Existují i minisila

- podle ustavení

např. stojatá nadzemní, stojaté se zavěšeným dnem, stojatá na laminátových nohách, ležatá nadzemní, ležatá podzemní

- podle skladovaného materiálu

zásobníky na obilí, jílovitá paliva, cukr, písek, piliny, ...

### 2.2 Zásobníky na nesyypké hmoty

Vyřešení problematiky skladování jílovitého a vlhkého paliva v zásobnících má velký význam nejen pro skladování paliva, ale i pro skladování jiných hmot, které mají podobné vlastnosti. To znamená, že mají sníženou pohyblivost, vysokou schopnost sléhávání, a tedy i vysokou stlačitelnost, mohou mít různé stavy, od stavu kašovité plastického až po stav vysloveně pevný, vytvářející v klasickém tvaru zásobníků vzpěrné klenby a zbytky na jeho stěnách. Poněvadž je pro takové hmoty charakteristické právě to, že se nechovají jako hmoty vysloveně syypké, je jejich rámcové označení „nesyypké hmoty“ zcela oprávněné.

#### 2.2.1 Základy teorie toku nesyypké hmoty

Nesyypkými hmotami rozumíme ty hmoty, které jsou v provozním stavu měkce nebo tuze plastické nebo sléhavé, anebo mají nepravou soudržnost. Je tedy pro ně příznačné, že jejich jednotlivé částice jsou mezi sebou libovolným způsobem spojeny. Toto spojení může být málo nebo hodně účinné.

Mezi nesycké hmoty proto patří nejen jílovitá a vlhká paliva a sléhavé a vlhké rudy a rudný rmut, ale i užitkové vlhké hlíny, jemnozrnné a vlhké písky s nepravou soudržností, vlhké hlinité šterky a písky, různé druhy popela atd. Mezi nesycké hmoty patří i mnoho hmot, které vznikají při zpracování zemědělských plodin, jako např. řízky z cukrové řepy, výlisky z ovoce a podobně. Nesyckými hmotami je i mnoho chemických výrobků, jejichž skladování je značně obtížné, zejména jde-li o velká výrobní kvanta.

Nejdůležitějšími vlastnostmi nesycké hmoty jsou její pohybové schopnosti. U všech hmot syckých i nesyckých můžeme rozlišovat dva základní pohyby:

1. Pohyb primární, který se vyznačuje tím, že pohybující se zrno hmoty nemění svou polohu vzhledem k ostatnímu společenství zrn.
2. Pohyb sekundární, který zrno vykonává obvykle současně s pohybem primárním a který se vyznačuje tím, že se zrno otáčí, překlápí a vykonává tedy druhotný pohyb

Poněvadž sekundární pohyb nesycké hmoty zmenšuje její pohyblivost, je plynulost jejího toku vyznačena tím, že možnost vzniku sekundárního pohybu musí být v provozu vyloučena

Primární pohyb, který se vyznačuje tím, že součásti této hmoty mají stejný směr svého pohybu, že nemění polohu zrna vzhledem k ostatnímu společenství a že nedochází ke zhuštění nesycké hmoty, je optimálním faktorem pro plynulost toku nesyckých hmot.

### **2.2.2 Tření nesycké hmoty o povrch žlabu**

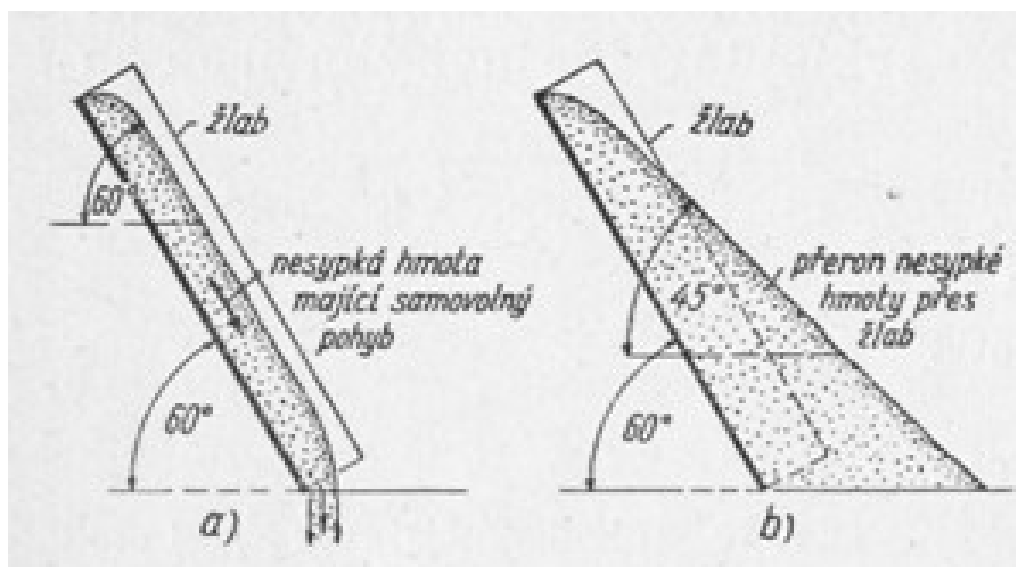
Předpokládejme skutečnou šikmou rovinu, po níž má dojít k pohybu neboli toku nesycké hmoty. Na styku mezi touto nepoddajnou (dokonale tuhrou) rovinou a nesyckou hmotou dojde ke tření, které při plastických stavech nesycké hmoty má charakter přilnutí. Při určitém stavu konsistence, kdy je její stupeň vyšší než kašovité plastický, dostává nesycká hmota, minimálně v pásmu při šikmé rovině, sekundární pohyb. Vznik sekundárního pohybu je způsoben retardací pohybu součástí, které jsou v přímém styku s povrchem šikmé roviny. Uplatňuje se zde totiž plnou měrou činitel tření. Z toho důvody platí zákonitost: Tření na styku nesycké hmoty s rovinou (stěnou), která ji ohraničuje, způsobuje místní sekundární pohyb součástí nesycké hmoty. Aplikujeme-li tuto zákonitost na žlab, jímž usměrňujeme proud nesycké hmoty, pak na svislém řezu, vedeném osou žlabu, probíhá rozdělení pásem primárního a sekundárního pohybu přibližně tak, jak je znázorněno na obrázku

Plynulost toku nesytké hmoty ve žlabu je podmíněna tím, že oblasti jejího sekundárního pohybu jsou co nejmenší.

V praxi to znamená, že musíme splnit dvě základní podmínky, jimiž můžeme zmenšit podněcující účinnost tření. Jsou to totiž činitelé:

1. Hladkost vnitřního povrchu žlabu
2. Minimální styčná plocha vnitřního povrchu a nesytkou hmotou.

Přilnavost nesytké hmoty v určitém stavu způsobuje, že k jejímu samovolnému pohybu po šikmé rovině dochází až při velmi strmém postavení žlabu. Velikost nutného sklonu je u většiny nesytkých hmot tak velká, že je pro praktické využití vysloveně neekonomická, a to obzvláště, uvážíme-li, že stav nesytké hmoty se vlivem různého obsahu vody anebo jiných spojovacích činitelů může značně měnit. Tak na příklad samovolný pohyb určité nesytké hmoty při nejnepříznivějších podmínkách vyžaduje, aby sklon žlabu byl  $60^\circ$ , je nakresleno na obrázku a. Téže nesytké hmotě, avšak s menším obsahem vody a jílu, stačí sklon žlabu  $45^\circ$ , aby došlo k jejímu samovolnému pohybu. Poněvadž je však žlab ve sklonu  $60^\circ$ , dojde nejen k zahlcení žlabu, ale k přerону nesytké hmoty nad žlab, tento příklad je na obrázku.



Obrázek 2. Změna pohybu nesytké hmoty při nestejných vlastnostech a úklonu žlabu  $60^\circ$  [1]

Velikost úhlu sklonu žlabu pro plynulý samovolný pohyb nesytké hmoty je nepřímo závislá na její pohyblivosti.

### **2.3 Žlabové zásobníky s nuceným pohybem nesyypké hmoty**

Zavedení nuceného pohybu náplně žlabů umožňuje velmi široké použití při skladování nesyypkých hmot. Nucený pohyb zaručuje plynulost toku náplně žlabů nejen u nesyypkých hmot, jejichž skladování v normálních (klasických) zásobnících bylo obtížné, ale umožňuje bezporuchové skladování i těch nesyypkých hmot, jejichž vlastnosti jsou tak nepříznivé, že jejich skladování v normálních zásobnících je zcela nemožné.

Žlabové zásobníky lze využít pro jílovitá a vlhká paliva, vlhký uhelný prach, vlhké a práškové rudy, jakož i pro sléhavé rudy, pro skladování rmutu, vlhké hlíny, vlhkého písku s nepravou soudržností a hlinitého a vlhkého písku. Využití i v zemědělském a chemickém průmyslu.

Ve žlabových zásobnících se nuceným pohybem náplně je možno skladovat i takové materiály, jejichž charakter doposud vylučoval možnost skladování v zásobnících. Lze v nich totiž např. skladovat drobný železný šrot, kovové třísky a hobliny, šrouby atd.

Nesyypká hmota je shrnována hřeblem. Konstrukce hřebel může být různá podle vlastností nesyypké hmoty. Může mít v podstatě tvar lopaty nebo hřebene nebo jednoduchého rozrývače apod. a může být opatřena vibrátorem, který zabrání lepení nesyypké hmoty na ty části shrnovače, které jsou s touto hmotou v přímém styku.

Jestliže by náplň zásobníku ničivě obrušovala povrch žlabu, je třeba provést ochranné úpravy

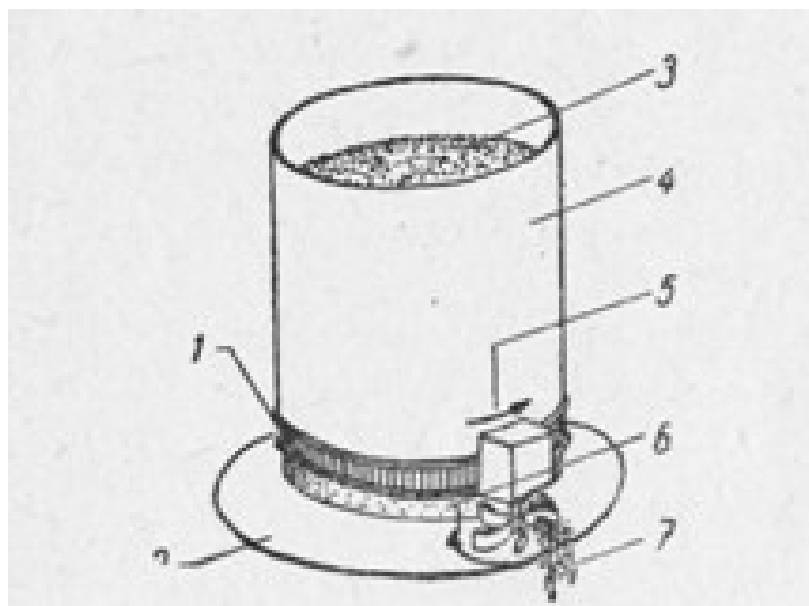
Žlabové zásobníky jsou výhodné nejen po stránce toku jejich náplně, po stránce statické a po stránce jednoduchosti jejich konstrukce, ale i po stránce snadnosti jejich montáže a demontáže porušených nebo opotřebovaných dílů žlabu.

### **2.4 Válcové zásobníky s nuceným odběrem nesyypké hmoty**

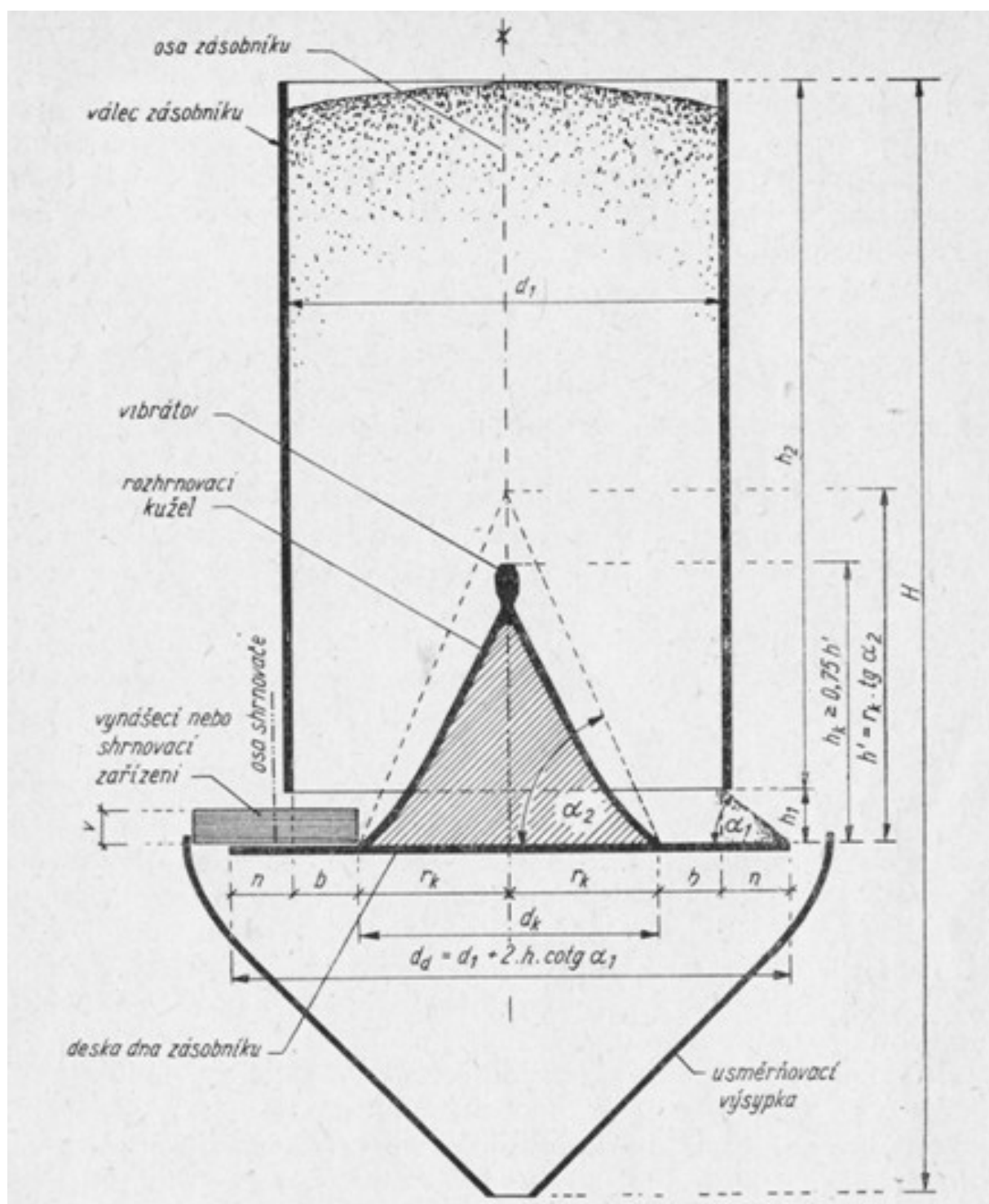
Bude-li z něho nesyypká hmota vytékat celou plochou dna, bude mít pohyb vysloveně primární, neboť jsou splněny zákonitosti, které se týkají vlivu stěn – stěny jsou svislé, a tedy rovnoběžné se směrem primárního pohybu.

V praxi by takový zásobník ve tvaru válce musel mít průměr alespoň 3 nebo 4 metry. Průměr válce musí být dost značný, a to z toho důvodu, aby účinek vlastní váhy sloupce nesyypké hmoty byl větší než účinnost přilnavosti nebo tření nesyypké hmoty o vnitřní povrch válce. Jestliže by tření nebo přilnavost nesyypké hmoty převládaly nad činitelem vlastní váhy, sloupec nesyypké hmoty by byl bez pohybu; tento úkaz by nutně nastal při malých průměrech válce. Zavedením velkého průměru válcového zásobníku vzniká další problém, který záleží v tom, že v praxi nelze nesyypkou hmotu odebírat otvorem, jehož průměr by se rovnal průměru válce. Proto je nutno provést redukci proudu takovým

způsobem, aby nebyl narušen samovolný primární pohyb nesytké hmoty v prostoru zásobníku. Nelze toho ovšem dosáhnout tím, že bychom na dně zásobníku provedli malý otvor anebo několik otvorů. Tím by vznikl princip zásobníku klasického tvaru se všemi příznačnými závadami a chybami.



Obrázek 3. Válcový zásobník s kolovým vynašečem. 1 – kolejová dráha pro pojezd vynašeče, 2 – kruhová deska, 3 – nesytká hmota, 4 – válec zásobníku, 5 – směr pojezdu vynašeče, 6 – otáčení vrtule vynašeče, 7 – přepad odebírané (nesytké hmoty přes okraj desky) [1]



Obrázek 4. Schéma válcového zásobníku s nuceným odběrem [1]

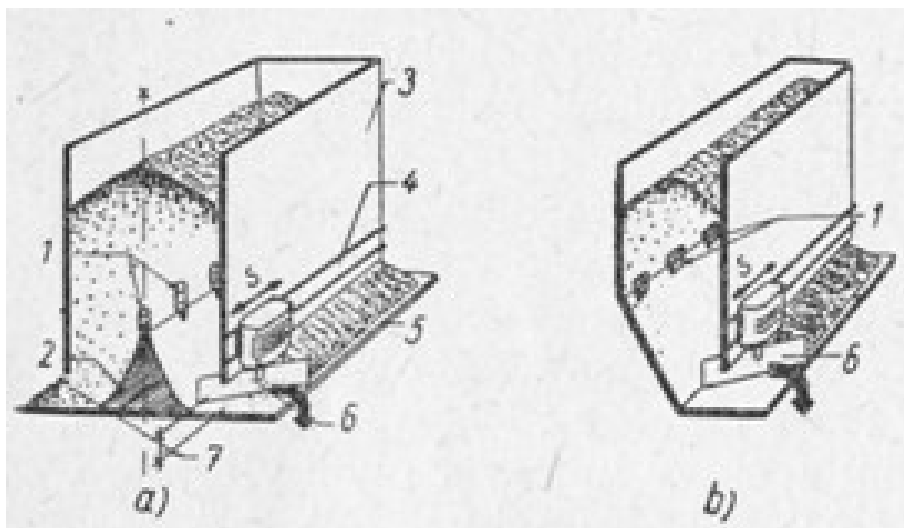


## 2.5 Štěrbínové zásobníky s nuceným odběrem

U oboustranného štěrbinového zásobníku je proveden rozhrnovací hřeben (obr. a)

U jednostranného štěrbinového zásobníku je provedena šikmá stěna, na jejímž vrchním okraji jsou připevněny vibrátory.

Nucený odběr nesytké hmoty u štěrbinových zásobníků se uskutečňuje v rovnoběžném směru s podélnou osou zásobníku. Shrnovací zařízení je upraveno tak, aby byla nesytká hmota shrnována při obou směrech pojezdu shrnovacího zařízení. [1]



Obrázek 5. Štěrbínový zásobník s nuceným odběrem. 1 – vibrátory, 2 – rozhrnovací hřeben, 3 – svislé stěny zásobníku, 4 – dráha pojezdu shrnovacího zařízení, 5 – deska dna zásobníku, 6 – shrnovací zařízení, 7 – štěrbina [1]

### 3 Piliny



Obrázek 6. Piliny [11]

**Piliny** jsou drobné kousky dřeva nebo jiného materiálu. Vznikají jako vedlejší produkt při řezání pilou (odtud název), při pilování nebo při jiném druhu obrábění (např. broušení).

Při hoblování dřeva vznikají hobliny, při třískovém obrábění kovů třísky. Při řezání a pilování kovu vznikají kovové, například ocelové.

#### **Dřevěné piliny**

Hospodářský význam mají především dřevěné piliny, které vznikají ve velkém množství jako odpad na pilách a využívají se různými způsoby. Používají se na zahradě jako mulč, jako palivo (buď přímo v pilinových kamnech nebo slisované v dřevěných briketách) či jako surovina pro výrobu dřevotřískových desek. [11]

V našem případě se budou piliny používat jako palivo do kotle. Dřeviny, které se na pile používají, jsou buk, dub, smrk a borovice.

#### **Vlastnosti dřevěných pilin**

Pro piliny je charakteristické, že její jednotlivé částice nevyplňují celý prostor, ve kterém se tato hmota nachází. Mezi jednotlivými částicemi jsou mezery vyplněné vlhkým vzduchem. Uvedené skutečnosti tedy řadí piliny mezi disperzní, tzn. různorodé soustavy,

skládající se ze dvou fází: částic pilin a vlhkého vzduchu. Protože částice pilin mají obvykle různou, obecně jsou piliny označovány jako polydisperzní soustava.

Další typickou vlastností pilin je skutečnost, že přesouváním jednotlivých částic se mění celkový povrchový tvar prostoru vyplněného touto hmotou. Pilinová hmota, podobně jako např. kapalina, nemá vlastní tvar. Přijímá nádoby, ve které je uskladněna, nebo tvar rotačního kužele, při uskladnění na volném prostoru. [15]



Obrázek 7. Řezání dřeva [16]

## 4 Obecné rozdělení dopravníků

**Dopravník** je dopravní zařízení, které slouží k plynulé dopravě materiálu na kratší vzdálenosti.

Podle způsobu přepravy se dopravníky dělí na:

- *mechanické dopravníky*
- *pneumatické dopravníky*
- *spádové dopravníky* - využívající kinetickou energii
- *hydraulické dopravníky* (čerpadla)

Mechanické dopravníky

Podle jejich konstrukce a způsobu dopravy materiálu se rozlišují:

- *unášivé dopravníky*
- *hrnoucí dopravníky*

### 4.1 Unášivé dopravníky

Tento typ dopravníku je charakteristický tím, že přenášený materiál je uložený na pohybující se funkční části, která ho unáší do místa určení. Rozlišuje se několik typů:

#### 4.1.1 Pásové dopravníky



Obrázek 8. Pásový dopravník [10]

Jako dopravné médium slouží nekonečný pás, který transportuje materiál do vzdálenosti od cca 1 až do stovek metrů rychlostí od cca 0,1 do 0,6 m/s. Šířka pásu se může pohybovat od 10 cm až do 3 m. Pásky se používají v hladkém nebo profilovém provedení. Při profilovém typu jsou na pás v pravidelných intervalech upevněné unášecí různého tvaru (profilu). Materiál pásů je ve většině případů gumotextil, často i s vnitřními ocelovými nosnými vrstvami.

Jako pohon slouží hnací elektromotor, který může být umístěn na straně plnění nebo vyprazdňování. Všeobecně je výhodnější umístění na straně vyprazdňování.

#### **4.1.2 Korečkové dopravníky**

Korečkové dopravníky slouží k dopravě kusových nebo sypkých materiálů. Jsou vhodné také na překonání stoupání nebo klesání v závislosti od druhu přepravovaného materiálu a použitých korečků. Konstrukce pásového dopravníku by měla zabezpečovat plynulý přesun materiálu bez otřesů a vibrací. Korečky jsou buď:

- plytké (např. přeprava mouky)
- hluboké (např. přeprava obilí)

Použitý typ ovlivňuje rychlost pásu.

#### **4.2 Hrnoucí dopravníky**

Jejich charakteristickým znakem je, že svými funkčními částmi hrnou před sebou dopravovaný materiál v dopravní dráze. Materiál přitom může do určité míry rychlostí zaostávat za funkční částí. Existuje několik typů:

##### **4.2.1 Hřeblové dopravníky**

Hrnou materiál pomocí hřebel ve žlabu. Používají se na dopravu hlavně stébelnatých materiálů, v případech, kdy nevadí jejich částečné poškozování při dopravě. Dpravují se jimi krmiva, okopaniny a podobně.

Tvar hřebel je závislý na druhu dopravovaného materiálu a na tvaru žlabu. Podle uchycení hřebel se dopravníky dělí na:

- jednořetězové
- dvouřetězové

#### **4.2.2 Šroubové dopravníky**

Pohyb materiálu v tomto typu dopravníku probíhá po šroubovici s různým, i kombinovaným stoupáním. Jsou určené k dopravě jemného, drobně zrnitého, nelepivého, sypkého materiálu, případně stébelnatých materiálů. Pracují v rovině vodorovné, skloněné a výjimečně i ve svislé rovině. Jejich předností je jednoduchá konstrukce a spolehlivý provoz, nevýhodou poškozování materiálu a separace směsí. Vstup a výstup materiálu může být na více místech konstrukce nebo průběžný.

#### **4.2.3 Řetězové dopravníky**

Slouží pro dopravu sypkých a kusových materiálů prostřednictvím nekonečného řetězu s dopravními disky, pohybující se v uzavřeném prostoru. Používají se na vodorovnou a šikmou dopravu do sklonu 20°.

Výhodou je prachotěsnost, nízká hlučnost, nízké nároky na provoz a údržbu, vysoká spolehlivost a jednoduchá montáž. Napínání řetězu se řeší napínacím řetězovým kolem uloženým v ložiskách s napínacími šrouby. Vpádový otvor je na straně napínacího kola. Rychlost řetězu se pohybuje do 0,5 m/s. Podobnou konstrukci mají i lanové dopravníky. [6]

Dalším typem zásobníků, kterému se budu více zabývat v další kapitole, jsou šnekové dopravníky.

## **5 Šnekové dopravníky**

### **5.1 Úvod**

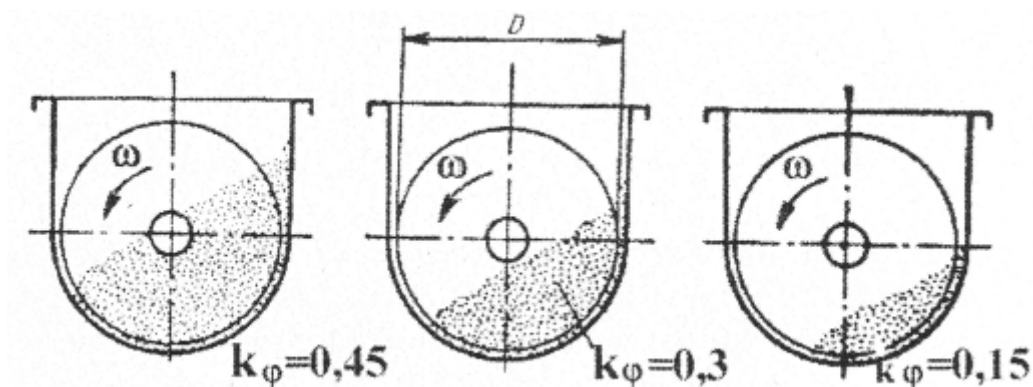
Šnekové dopravníky přemísťují materiál pomocí otáčejícího se šroubu (šneku). Základní části dopravníku jsou žlab, šnek a pohon. Šnek se umísťuje do žlabu. Dpravovaný materiál je ve žlabu posouván rotujícím šnekem. Působení zemské tíže a tření materiálu o žlab brání společnému otáčení materiálu se šnekem.

Správná funkce dopravníků závisí na stupni plnění žlabu, který je dán vztahem:

$$\psi = \frac{S}{\frac{\pi \times D^2}{4}}$$

kde  $S$  = plocha průřezu materiálu ve žlabu [ $\text{m}^2$ ]

$D$  = průměr šneku [m]



Obrázek 9. Využití průřezu žlabu při různém součiniteli plnění [3]

Šnekové dopravníky zabírají malý prostor, mají jednoduchou konstrukci a mohou být začleněny do automatických výrobních linek. Šnekové dopravníky se používají pro vodorovnou, šikmou a výjimečně i svislou dopravu materiálu. (Pro svislou dopravu  $\psi=1$ ).

Jsou vhodné pro dopravu prašného, zrnitého, drobně kusového materiálu ( do velikosti kusů 60 mm ). Mohou plnit zároveň i technologické funkce míchání, mytí, hnětení, ohřívání, chlazení. Ve strojírenském podniku jsou používány převážně ve slévárnách pro dopravu formovacího materiálu, v energetických zařízeních pro dopravu uhlí, koksu, v mechanických dílnách pro dopravu dělených třísek a v povrchových úpravách při mytí a odmašťování součástí. Umožňují snadné a účinné vyprazdňování a plnění různých zásobníků, mixérů, kontejnerů a násypek balících strojů, a dále mohou být použity pro mezioperační dopravu. Konstrukce umožňuje použití více násypných a výsypných míst na jednom dopravníku. Jeden dopravník může zásobovat materiálem více míst.

Objem přepravovaného materiálu se u šnekových dopravníků pohybuje od 1 do 300 m<sup>3</sup>/hod. Maximální délka šroubových dopravníků bývá 60 metrů. Otáčky šneku volíme v rozmezí 0,2÷4 ot/s.

Šnekové dopravníky bývají v provedení jedno nebo dvoušnekovém, s pravo nebo levotočivým šnekem.

Dále se rozdělují na trubkové, nebo žlabové.

Vyrábí se převážně z oceli třídy 11, případně 17

## **5.2 Základní části dopravníku**

### **5.2.1 Šnek**

Šnek se skládá z hřídele a šnekovnice.

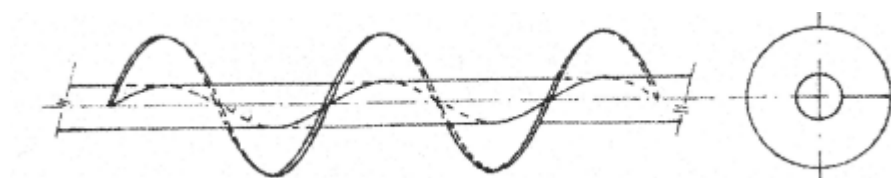
**Hřídel:** Hřídel k přenosu kroutícího momentu od pohonu na šnekovnici. Když jsou menší rozměry šneku, bývá průřez hřídele plný kruhový, někdy též čtvercový. Při větších rozměrech se vyrábí z ocelové, tlustostěnné trubky. Čepy pro uložení hřídele v ložiskách a pro spojky jsou v trubce zalícovány a proti otáčení zajištěny šrouby, kolíky nebo svary.

Hřídel šneku je svými konci uložen v předním a zadním čele žlabu, a to zpravidla ve valivých ložiskách, z nichž jedno musí zachycovat axiální síly. Dále proti přílišnému průhybu hřídele je nutno ho uložit po 2÷3 metrech v podpěrných vodících ložiskách. Tato ložiska bývají výškově stavitelná. Hřídel je v mezích výrobních vytvořen buď z jednoho kusu, nebo sestavený z dílů. Spoje musí vyhovět jak krouticímu momentu, tak zamezit průhyb. Dále nesmí se spojením vytvořit výstupky bránící posouvání materiálu...

**Šnekovnice:** Šnek je podstatnou částí dopravníku a je určující pro jeho vlastnosti. Je složen z hřídele a šnekovnice. Hřídel může být plný i trubkový s plnými čepy pro uložení v ložiskách. Na hřídeli je upevněna šnekovnice. Šnekovnice může být levé nebo pravé stoupání. Možné je i uspořádání dvou šnekovnic s opačným stoupáním v různých částech téhož hřídele umožňuje protisměrný pohyb materiálu v témže žlabu.

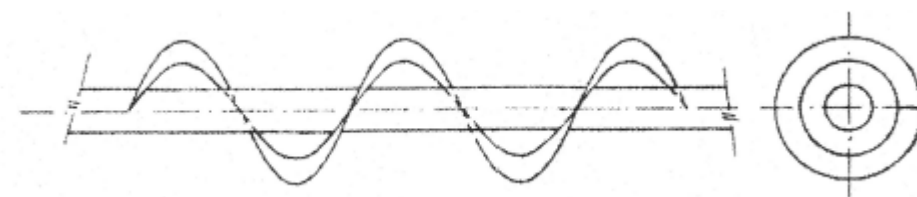
Rozdělujeme 4 druhy šnekovnice: **Plná šnekovnice** Šnekovnice z ocelového plechu bývá vyrobena buď válcováním z pásu, nebo svařováním mezikruhových výstřižků, které jsou v jednom místě radiálně rozstříženy a roztaženy na příslušné stoupání. Vícechodé šneky jsou vhodné pro šikmé šnekové dopravníky dopravující velmi sypké materiály, protože zabraňují zpětnému pohybu materiálu.





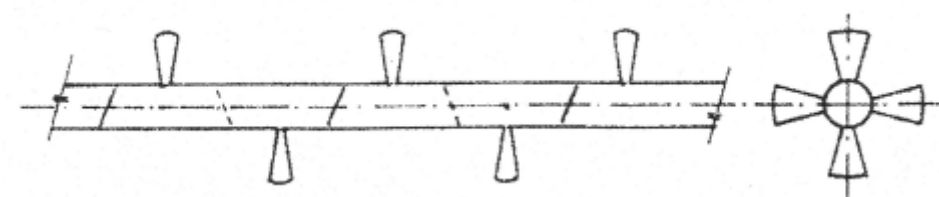
Obrázek 10. Plná šnekovnice [3]

**Šneky s obvodovou šnekovnicí** dopravují tuhé, husté, tekuté a lepidlo materiály. Šnekovnici zde tvoří opět šroubová plocha vytvořená z plechu, která je upevněna ke hřídeli v určité odlehlosti pomocí držáků z ploché oceli. Používá se například do míchaček.



Obrázek 11. Obvodová šnekovnice [3]

**Lopátkové šneky** slouží k promíchávání materiálu. Lopatky mají různé tvary.



Obrázek 12. Lopátková šnekovnice [3]

**Šneky s kuželovou šnekovnicí** šnekovnice s proměnným stoupáním, kde nejmenší průměr je na vstupu a dochází tím k nakypření materiálu. Použití je vhodné pro materiály, které jsou kompresibilní. Využívají se pro speciální účely

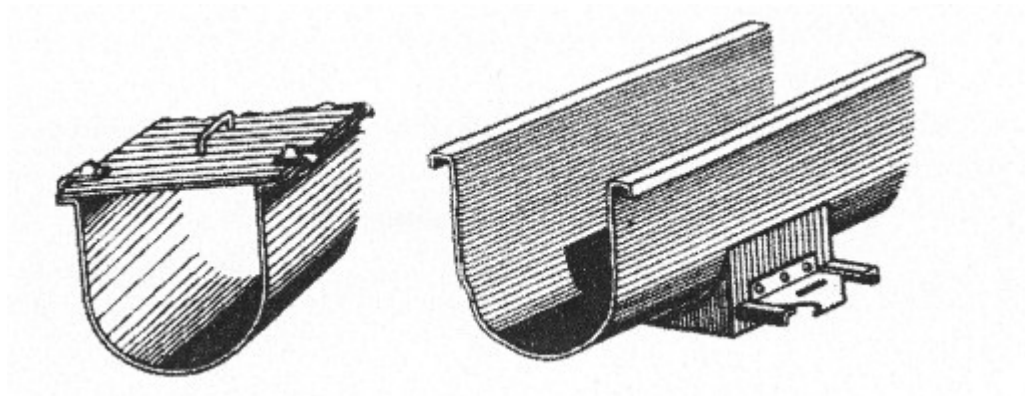
Plná, obvodová nebo lopátková šnekovnice bývá přivařená na plném nebo trubkovém hřídeli.

Může být pravotočivá nebo levotočivá.

Pro zabránění zpětnému pohybu materiálu a dopravu velmi sypkých materiálů šikmými šnekovými dopravníky používáme vícechodé šneky.

### 5.2.2 Žlab

Žlab, který tvoří nosnou část dopravníku, má obvykle tvar písmene U a jeho rozměry jsou odvozeny od rozměrů šneků. Mezi šroubem a žlabem bývá vůle  $5 \div 10$  mm. Podle ČSN 26 2808 jsou obvyklé délky dílců 3900 mm, koncové žlaby jsou 1000 nebo 1950 mm. Plechové žlaby o tloušťce  $2 \div 8$  mm jsou v horní části ohraňeny. Lem ztužuje konstrukci a umožňuje upevnění víka.



Obrázek 13. Žlab šnekového dopravníku [3]

### 5.2.3 Pohon

K pohonu šneku se používají elektromotory (převodové, s frekvenčními měniči) umístěné obvykle na konzole spojené s čelem žlabu. Hnací moment z výstupního hřídele převodovky se přenáší na hřídel šneku pružnou spojkou. Další možnosti jsou např. hydromotory, nebo benzinové motory [2], [3]



Obrázek 14. Příklad elektromotoru [17]

## 6 Vlastní návrh zařízení

### 6.1 Stávající stav

V současnosti funguje provoz tak, že se piliny naváží do kůlny s otevírací stříškou možnost vysypání pilin ze lžíce bagru. Tato kůlna je jednoduchá budova z dřevěných prken a dvěma malými bočními zídkami a trámovou konstrukcí.



Obrázek 15. Pohled na kůlnu zleva

Na tomto obrázku vidíte celkový pohled na kůlnu i s dveřmi do kotelny.



Obrázek 16. Pohled na kůlnu zepředu

Zde je detailní pohled na stříšku. Otevírání stříšky je realizováno pomocí jednoduchého kladkostroje.



Obrázek 17. Pohled dovnitř kůlny

Zde je pohled dovnitř kůlny i s pilinami.

Pro přívod pilin z vedlejší linky je na boční stěně kůlny díra o průměru 192 mm.





Obrázek 18. Pohled na kůlnu zleva od vedlejší linky

Zde je pohled na kůlnu z druhé strany, kde vidíte vedlejší linku i s dírou na boku kůlny.



Obrázek 19. Detail na díru, vedoucí do kůlny z vedlejší linky

Díra je ve výšce 1,9 m nad zemí.

Z této kůlny se piliny naváží velice složitě za pomoci lopat do místnosti s kotlem do malé výsypky.



Obrázek 20. Dveře oddělující kůlnu od kotelny



Obrázek 21. Výsypka

## 6.2 Morfologická matice

<b>Tvar násypky</b>	pravoúhlý	kruhový	mnohoúhelníkový	
<b>Vyústění násypky</b>	u stěny kotelny	ve středu násypky	dál od kotelny	
<b>Materiál násypky</b>	dřevo	ocel	plast	železobeton
<b>Součinitel plnění</b>	0,15	0,3	0,45	
<b>Úhel sklonu dopravníku</b>	10°	15°	25°	
<b>Umístění motoru</b>	nad výsypkou	pod násypkou		
<b>Záklopka</b>	otočná	posuvná		
<b>Uchycení konstrukce</b>	zabetonování	kotevní šrouby		
<b>Motor</b>	elektromotor	hydromotor	benzinový motor	

Obrázek 22. Morfologická matice

- tvar násypky – pro variantu pravoúhlého půdorysu jsem se rozhodl především proto, že pro lžici nakladače, který na firmě je, je tento tvar nejvhodnější
- vyústění násypky – z nabízených možností jsem si zvolil variantu s vyústěním uprostřed půdorysného pohledu násypky, hlavně kvůli tomu aby stěny spodní části byli co nejstrmější, což by byl u zbývajících návrhů problém, a také proto, že vcelku splňuje požadavek na co nejmenší zabírání prostoru od místnosti s kotlem.
- Materiál násypky – zvolil jsem ocel hlavně z toho důvodu, že má v celku dobrý součinitel tření s pilinami, je relativně lehká, relativně levná, a také proto, že velká většina podobných násypek z praxe je ocelových plechů.
- Součinitel plnění – po konzultaci s odborníkem, který mi potvrdil, že u uvedeného dopravovaného materiálu by součinitel plnění 45% neměl být žádný problém, jsem tento součinitel zvolil. Hlavní důvod pro mě bylo dosažení co nejmenšího času dopravy.
- Úhel sklonu dopravníku – zde byla volba jednoduchá. Dvěma hlavními důvody byli omezená možnost délky dopravníku a také požadavek na co nejmenší zabírání prostoru před místností s kotlem.

- Umístění motoru – mezi dvěma nabízenými možnostmi jsem se rozhodl pro variantu s motorem a převodovkou u horní části dopravníku. Jednak z důvodu možnosti protažení násypky co nejvíc dolů k půdě, ale také z toho důvodu, že horní část dopravníku je umístěna v místnosti, kde na ní nebudou mít vliv povětrnostní podmínky.
- Záklopka – z důvodu co nejmenšího odporu průtoku materiálu a co největší jednoduchosti řešení jsem zvolil posuvnou záklopku
- Otevírání stříšky – z nabízených možností mi přišla varianta otevírání lanem a uchycení na hák nejjednodušší a nejlevnější.
- Uchycení konstrukce – variantu uchycení přes kotvící šrouby jsem zvolil z několika důvodů: z důvodu co nejmenšího zasahování do půdy prostoru před kotelnou, dále z ekonomických důvodů a také proto, že v praxi se v podobných případech kotevních šroubů hodně používá
- Motor – jako nejvhodnější varianta pohonu dopravníku mi připadá elektrický motor, a to z důvodu relativně malého objemu a hmotnosti, a také z důvodu velkého využití v praxi. U šnekových dopravníků se pohon elektromotorem používá ve většině případů.

### 6.3 Návrh šnekového dopravníku

#### 6.3.1 Návrh pohonu s převodovkou

Firma JEWA zadala, že šnek, ze kterého navrhují šnekový dopravník, by měl mít následující parametry:

<i>Průměr šneku <math>D</math></i>	120 mm
<i>Max. délka šneku <math>L</math></i>	5 m
<i>Průměr trubky <math>d</math></i>	52 mm
<i>Stoupání šnekovnice <math>s</math></i>	120 mm
<i>Tloušťka šneku <math>t</math></i>	12 mm

Nejprve jsem si vypočítal kritické otáčky šneku. [3]

$$n_{KRIT} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{R}}$$

$$n_{KRIT} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{9,81}{0,06}}$$

$$n_{KRIT} = 2,035 \text{ ot.s}^{-1}$$



Volí se přibližně polovina kritických otáček, takže do následujícího výpočtu, kde z dopravovaného množství určím, zda se dopraví  $1\text{m}^3$  za hodinu materiálu, dosadím za otáčky  $1,2\text{ s}^{-1}$ . [2]

$$Q_V = 3600 \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times s \times \psi \times n \times C_H$$

$$Q_V = 3600 \times \frac{\pi \times 0,12^2}{4} \times 0,12 \times 0,45 \times 1,2 \times 0,5$$

$$Q_V = 1,32\text{m}^3/\text{hod}$$

Dopravník, aby dodal  $1\text{m}^3$  za hodinu, tedy bude spuštěný 46 minut v hodině.

Z následujícího výpočtu vypočítám příkon dopravníku. Za hustotu dosadím střední hodnotu směsi dřevin používaných na pile s přihlédnutím, že v pilinách je malé množství vody. Za hodnotu  $w$ , což je celkový součinitel odporu, dosadím pro náš případ vhodné číslo 3,1. Výkon jsem počítal za použití tří různých metod, a pokaždé mi vyšel menší než minimální katalogový výkon  $0,12\text{ kW}$ . Uvádím zde jednu z metod.



Výpočet příkonu šnekového dopravníku: [2]

$$P = \frac{Q_V \times \rho_V \times g}{3600} \times (l_V \times w \pm h)$$

$$P = \frac{1,32 \times 700 \times 9,81}{3600} \times (2,788 \times 3,1 \pm 1,3)$$

$$P = 25,03\text{ W}$$

Pro tyto parametry jsem si z katalogu firmy NORD vybral vhodný motor s převodovkou.

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	F <sub>R</sub> [kN]	F <sub>A</sub> [kN]	F <sub>R VL</sub> [kN]	F <sub>A VL</sub> [kN]			mm 
0,12	4,1	*111	0,8	313,11	2,0	3,3	3,0	6,3	SK 03 - 63S/4	16	B67
	4,7	*111	0,8	274,28	2,0	3,3	3,0	6,3			
	6,1	*133	0,8	212,47	1,7	3,3	2,9	6,3			
	7,6	*135	0,8	170,75	1,7	3,3	2,9	6,3			
	8,5	*138	0,8	151,33	1,7	3,3	2,9	6,3			
	10	115	0,9	124,62	1,9	3,3	3,0	6,3			
	12	96	0,9	73,06	2,1	3,3	3,1	6,3	SK 02 - 63L/6	12	B66
	14	82	1,1	61,27	2,2	3,3	3,2	6,3			
	16	72	1,2	53,68	2,2	3,3	3,2	6,3			
	18	64	1,4	73,06	2,3	3,3	3,3	6,3	SK 02 - 63S/4	12	B66
	21	55	1,6	61,27	2,3	3,3	3,3	6,3			
	24	48	1,9	53,68	2,3	3,3	3,3	6,3			
	31	37	2,7	41,58	2,4	3,3	3,3	6,3			
	39	29	3,3	33,42	2,4	3,3	3,3	6,3			
	47	24	3,6	27,52	2,4	3,3	3,3	6,3			
	56	20	3,8	23,13	2,4	3,3	3,3	6,3			
	63	18	4,1	20,59	2,4	3,3	3,4	6,3			
	81	14	5,1	15,95	2,4	3,3	3,4	5,8			
	101	11	6,2	12,82	2,4	3,3	3,4	5,4			
	114	10	6,7	11,27	2,4	3,3	3,4	5,2			

Tabulka 1. Hodnoty motoru s převodovkou z katalogu od firmy NORD [9]

### 6.3.2 Návrh ložiska

Účinný poloměr šneku: [3]

$$R_s = 0,8 \times \frac{D}{2}$$

$$R_s = 0,8 \times \frac{0,12}{2}$$

$$R_s = 0,048 \text{ m}$$

Úhel stoupání šnekovnice  $\alpha=0,46$  rad, třecí úhel  $\varepsilon=\arctan \mu$ , kde  $\mu$  je součinitel smykového tření, v našem případě (dřevo, ocel) je tento součinitel 0,35. Z toho vyplývá, že  $\varepsilon=0,34$  rad.

Axiální síla v ložisku: [3]

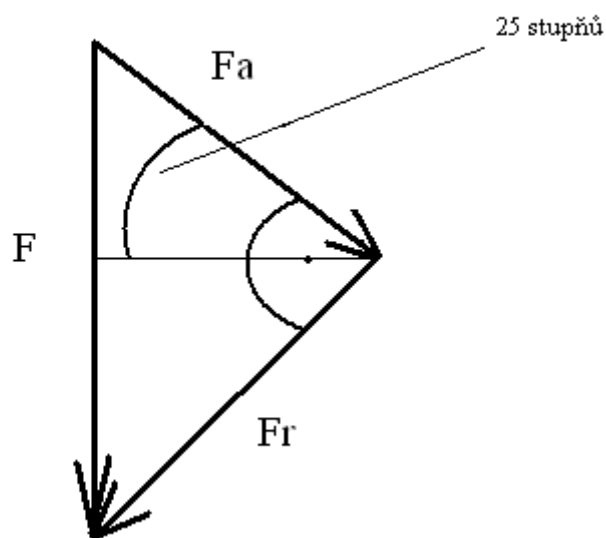
$$F_A = \frac{M_K}{R_s \times \tan(\alpha + \varepsilon)}$$

$$F_A = \frac{14}{0,048 \times \tan(0,46 + 0,34)}$$

$$F_A = 283,27 \text{ N}$$

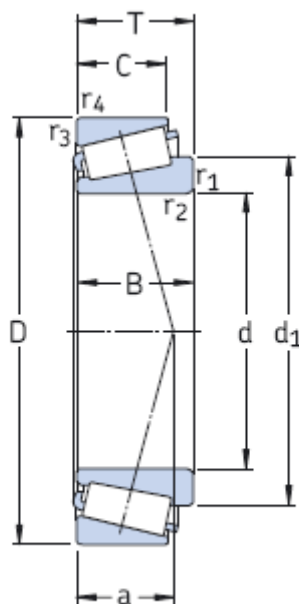
$$F_R = 607,5 \text{ N}$$

$F_R$  jsem odhadl výpočtem ze silového trojúhelníku, za předpokladu, že síla  $F$  bude působit svisle.



Obrázek 23. Silový trojúhelník

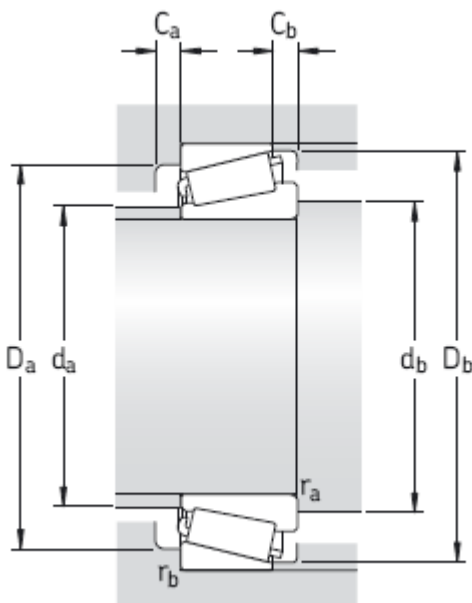
Z katalogu jsem si s ohledem na požadovanou minimální radiální sílu pro ložisko SKF  $F_{Rmin}=0,02C$ , jsem si vybral toto ložisko:



Obrázek 24. Rozměry kuželíkového ložiska SKF [7]

Hlavní rozměry			Únosnost dyna- mická C	sta- tická C <sub>0</sub>	Mezní únavové zatížení P <sub>u</sub>	Připustné otáčky		Hmot- nost	Označení	Rozmě- rová řada podle ISO 355 (ABMA)
d	D	T				Refe- renční otáčky	Mezní otáčky			
mm			kN		kN	min <sup>-1</sup>		kg	–	
20	42	15	24,2	27	2,7	12 000	16 000	0,097	32004 X/Q	3CC

Tabulka 2. Základní hodnoty kuželíkového ložiska SKF [7]



Obrázek 25. Další rozměry kuželíkového ložiska SKF [7]

Rozměry							Připojovací rozměry										Výpočtové součinitele		
d	d <sub>1</sub> ~	B	C	r <sub>1,2</sub> min	r <sub>3,4</sub> min	a	d <sub>a</sub> max	d <sub>b</sub> min	D <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	D <sub>b</sub> min	C <sub>a</sub> min	C <sub>b</sub> min	r <sub>a</sub> max	r <sub>b</sub> max	e	Y	Y <sub>0</sub>	
mm							mm										–		
20	31,1	15	12	0,6	0,6	10	25	25	36	37	39	2	3	0,6	0,6	0,37	1,6	0,9	

Tabulka 3. Připojovací rozměry a výpočtové součinitele kuželíkového ložiska SKF [7]

Jelikož  $F_A/F_R > e$ , ekvivalentní zatížení vypočítám podle vzorce: [7]

$$P = 0,4 \times F_R + Y \times F_A$$

$$P = 0,4 \times 607,5 + 1,6 \times 283,27$$

$$P = 696,2 \text{ N}$$

Výpočet trvanlivosti ložiska:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10} = \left(\frac{24200}{696,2}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_{10} = 137068,6 \times 10^6 \text{ ot}$$

Zadáno  $40 \times 10^6$ . Jelikož je toto ložisko silně předimenzováno, dovoluje i větší radiální sílu.

### 6.3.3 Návrh spojky

Na základě daného krouticího momentu a průměrů hřídelí jsem si zvolil pružnou spojku GE-T 24-32\_\_ od firmy T.E.A. Technik



Obrázek 26. Pružná spojka T.E.A. Technik [4]

Pružné spojky zajišťují přenos krouticího momentu a tlumení vibrace. Vyrovnání drobné nesouososti. Slouží k vyrovnání úhlové odchylky mezi spojovanými hřídeli. Spojka se skládá ze dvou nábojů a pružného středu. Náboje jsou v provedení A nebo B a lze je vzájemně kombinovat. Náboje jsou vyrobeny z litiny nebo hliníku. Větec spojky je z termoplastu. Spojky se dodávají nevrtané, pouze se středícím důlkem. Provozní teplota od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$ . [4]

## **6.4 Návrh násypky**

### **6.4.1 Rozměry násypky**

Základní parametr, ze kterého jsem musel vyjít při navrhování násypky, je sklopná výška lžice nakladače. Nakladač je KOMATSU WA 85-3, rok výroby 1999



Obrázek 27. Nakládač KOMATSU



Obrázek 28. Nakládač KOMATSU z jiného pohledu

Z přílohy č. 1 je patrné, že sklopná výška nakladače je 2715 mm a šířka lžice 2100 mm. Počítám s vůlí 215 mm, takže výška horní hrany násypky bude 2,5 m. Musím rovněž počítat se šířkou lžice bagru (g). Pro výpočet objemu nebudu počítat horní část násypky se zkosením.

Výpočet objemu horního dílu násypky: [12]

$$V_1 = 3 \times 2 \times 0.7 = 4,2 \text{ m}^3$$

Výpočet objemu dolního dílu násypky: [13]

$$S_1 = 3 \times 2 = 6 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 0,13 \times 0,13 = 0,0169 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \times 1.1 \times (6 + \sqrt{6 \times 0,0169} + 0,0169) = 2.32 \text{ m}^3$$

Celkový objem násypky:

$$V = 4,2 + 2.32 = 6.52 \text{ m}^3$$

Jako materiál jsem se rozhodl použít ocel 11 373, a to především pro její dobrou svařitelnost.

#### 6.4.2 Konstrukce násypky:

Uchycení konstrukce: K uchycení jak konstrukce násypky, tak k podporám šnekového dopravníku, použiju kotevní šrouby firmy AKROS s označením SPBS-A4 12x15/100 WAF 17 o středním průměru závitu 12 a délce 100 mm.



Obrázek 29. Kotevní šroub firmy AKROS [8]

U čtyř stojen konstrukce násypky se nejprve vybetonuje čtvercový základ o rozměrech 200x200 mm a výška 100 mm a díry pro šroub budou na rozích pomyslného vepsaného čtverce o rozměru 160x160 mm.

Nosné konstrukce budou z L-profilů na hranách a I-profilů na bocích horního dílu násypky. Na spodní část L-profilů bude navařen čtvercový plech silný 2 mm a rozměry stejně velké jako betonový základ. Všechny profily budou k násypce přivařeny koutovým svarem o rozměru 5 po celé délce. Jednotlivé díly násypky budou svařeny V-svary z vnějšku i zevnitř násypky. Pro pojištění by bylo možné spojit horní a dolní díl přírubově.

### 6.5 Detaily řešení

#### 6.5.1 Podpory

Podpory budou mít podobný betonový základ jako konstrukce, ale bude mít rozměr 140x140 mm a vepsaný čtverec pro šrouby 100x100. Tyto podpory budou 2 a budou vždy po metru od výsypky. Těleso podpory bude trubka  $\varnothing 35$  nahoře zkosený do úhlu  $25^\circ$ . Dole bude přivařen k desce silné 2 mm a rozměrech betonového základu, a nahoře, těsně u žlabu, na něj bude přivařen ocelový plech silný 2 mm a bude obepínat celý žlab až po horní hranu. Tento plech bude přivařen ke žlabu koutovým svarem 2 mm po celé délce z obou stran.

Podobná podpora bude ještě těsně před ukončením žlabu nahoře u pohonu. Tam bude ale přivařena k U-profilu připevněném k výsypce. Dole u ložiska bych proti případnému průhybu navrhoval velice jednoduchou podporu, např. podložním, jelikož z technologických důvodů nemůže ležet těleso přímo na zemi (utahování šroubů)



### **6.5.2 Uchycení ložiska**

Zvolil jsem řešení, že se prodlouží konec žlabu ve spodní půlkruhové části o 10 mm, a na tento prodloužený konec se navaří trubkové těleso o vnějším průměru 170 a vnitřním průměru 130, šířka tělesa 10 mm. Bude v něj vyvrtáno 6 děr pro šroub M8. Na toto těleso bude přišroubováno druhé těleso o šířce 25 mm, které bude mít uvnitř protikus, který zapadne do předchozího tělesa a uprostřed bude díra s minimální vůlí pro ložisko. Do trubky šnekovnice se navaří čep s výstupním průměrem pro ložisko.

### **6.5.3 Řešení pohonu**

Motor s převodovkou musí být připevněn k výsypce. Přes výsypku bude navařený U-profil, na kterém bude navařena trubka. Ke trubce bude přivařen protikus k podstavci motoru s převodovkou. Tento protikus bude připevněn k podstavci šrouby.

### **6.5.4 Vysypávání materiálu ze žlabu**

Zvolil jsem výřez ve spodní části žlabu nad výsypkou na úrovni 50 mm od spodu žlabu, levá hrana výřezu je ve vzdálenosti 80 mm. Celková délka výřezu je 150 mm.

### **6.5.5 Uzavírání násypky**

V případě opravy se násypka uzavře pomocí posunovacího kusu silného 4 mm v muzikusu mezi násypkou a dopravníkem.

### **6.5.6 Otevírání stříšky**

Stříška bude umístěna na pantech na vrchní hraně násypky. Bude o něco větší než násypná plocha, 20 mm na každé hraně. Na bokorysném středu násypky ve vzdálenosti 60 mm od přední hrany násypky bude navařené oko s koncem lanka, které povede přes navařenou konstrukci s kladkou a při otevírání se lanko zaháčí na druhou podélnou navařenou konstrukci na násypce.

### **6.5.7 Kryt žlabu**

Jako kryt jsem zvolil plech o tloušťce 2 mm, který bude ke žlabu připevněn šrouby M6 na obou horních hranách žlabu. Rozteč šroubů bude 500 mm.

### **6.5.8 Díra z vedlejší linky**

Střed díry bude ve výšce 2100 mm nad zemí, a bude ve vzdálenosti 300 mm od pravého nárysneho okraje. Průměr díry bude 192 mm. Jako kryt proti povětrnostním podmínkám bude sloužit jednoduchý gumový pás, připevněný nad dírou, např. pomocí hřebíků.

## 7 Závěr

Nejprve jsem udělal krátké rešerše o násypkách, pilinách a dopravnících, hlavně s důrazem na šnekové dopravníky

Při zpracovávání vlastního návrhu zařízení jsem musel vzít do úvahy možnosti pily. Např. typ nakladače, který je na firmě k dispozici, povrch, na kterém bude násypka připevněna, prostorové možnosti atd. Poté jsem se pokusil zvolit vhodný typ násypky včetně rozměrů a vzít do úvahy požadavek na možné uzavírání násypky při nutnosti opravy šneku. Dále bylo nutné navrhnout šnekový dopravník, motor s převodovkou, žlab a jeho podpory, vysypávání materiálu apod.

Největší problém byl stanovit příkon šnekového dopravníku, na který jsem musel použít 3 metody výpočtů a také konzultaci s odborníkem, ale všechny metody vyšly zhruba stejně. Při vypracovávání výkresové dokumentace mi největší problém dělal výkres celé sestavy.

**Poděkování:** Rád bych poděkoval mému vedoucímu panu Ing. Janečkovi za cenné rady při vypracovávání této práce.

## Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] KVAPIL Rudolf. *Zásobníky na nesyypké hmoty*: Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1956. 53 s. DT621-869.
- [2] HLAVENKA Bohumil. *Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem)* [3. vyd.]: VUT Brno, 1990. 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
- [3] POLÁK Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II* [1. vyd.]: VŠB-Technická univerzita Ostrava 2003. 84 s. ISBN 80-248-0493-X
- [4] *Pružné spojky | T.E.A. TECHNIK s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Pružné spojky. Dostupné z WWW: <<http://www.teatechnik.cz/pruzne-spojky/>>.
- [5] *KOTEVNÍ ŠROUBY DO BETONU AN 9003/A4 | Nerezové materiály | Akros.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.akros.cz/kotevni-srouby-do-betonu-an-9003/a4/prod/>>.
- [6] **Dopravník**. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 28. február 2006, last modified on 3. apríl 2011 [cit. 2011-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Dopravn%C3%ADk>>.
- [7] *Kuželíková ložiska - SKF.cz/Produkty/Valivá ložiska* [online]. 2011 [cit. 2011-05-20]. Produkty. Dostupné z WWW: <[http://www.skf.com/portal/skf\\_cz/home/products?contentId=259708&lang=cs](http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/products?contentId=259708&lang=cs)>.
- [8] *Prospekte Radlader KOMATSU* [online]. 2011 [cit. 2010-02-16]. Info. Dostupné z WWW:<[http://www.schwickert-baumaschinen.de/\\_mediafiles/228-komatsu\\_rادلader\\_wa\\_90-3.pdf](http://www.schwickert-baumaschinen.de/_mediafiles/228-komatsu_rادلader_wa_90-3.pdf)>.
- [9] **NORD-Katalogy** [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Katalog. Dostupné z WWW: <<http://www2.nord.com/documentation/documentation.do?mcid=1141&filter1=727&filter2=1511&uiLang=cz&docLang=all&showView=/cms/cz/documentation/catalogues/catalogues-dep>>.

- [10] **Pásový dopravník - Vyhledávání Google** [online]. 2011 [cit. 2011-05-19].  
Obrázky. Dostupné z WWW:  
<<http://images.google.com/search?tbm=isch&hl=cs&source=hp&biw=1024&bih=605&q=P%C3%A1sov%C3%BD+dopravn%C3%ADk&gbv=2&aq=f&aqi=g1&aql=&oq=>>>.
- [11] **Piliny**. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) :  
Wikipedia Foundation, 25.12.2008, last modified on 2.2.2011 [cit. 2011-05-21].  
Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Piliny>>.
- [12] **Kvádr**. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) :  
Wikipedia Foundation, 23.10.2006, last modified on 20.4.2011 [cit. 2011-05-21].  
Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kv%C3%A1dr>>.
- [13] **Komolý jehlan**. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg  
(Florida) : Wikipedia Foundation, 30.5.2006, last modified on 16.5.2011 [cit. 2011-  
05-21]. Dostupné z WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Komol%C3%BD\\_jehlan](http://cs.wikipedia.org/wiki/Komol%C3%BD_jehlan)>.
- [14] **1.1.2 Trvanlivost | ZKL Group** [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Trvanlivost.  
Dostupné z WWW: <<http://www.zkl.cz/cs/pro-konstruktery/112-trvanlivost>>.
- [15] ČUŽNA, David. **Objemová koncentrácia smrekovej piliny vytvorenej v procese  
pílenia na rámových pilach**. Zvolen, 2007. 30 s. Diplomová práce. Technická  
univerzita Zvolen, Drevarská fakulta.
- [16] **Řezání dřeva - vyhledávání Google** [online]. 2011 [cit. 2011-05-21]. Obrázky.  
Dostupné z WWW:  
<<http://images.google.com/search?tbm=isch&hl=cs&source=hp&biw=1024&bih=605&q=%C5%99ez%C3%A1n%C3%AD+d%C5%99eva&gbv=2&aq=4&aqi=g1&aql=&oq=%C5%99ez%C3%A1n%C3%AD+d%C5%99>>.

- [17] ***Elektromotor - Vyhledávání Google*** [online]. 2011 [cit. 2011-03-08]. Obrázky. Dostupné z WWW: <[http://images.google.com/search?tbm=isch&hl=cs&source=hp&biw=1024&bih=605&q=elektromor&gbv=2&aq=f&aqi=&aql=&oq=#hl=cs&gbv=2&tbm=isch&sa=X&ei=O4jaTbbzCszs-gaj\\_KifDw&ved=0CDUQBSgA&q=elektromotor&spell=1&biw=1024&bih=605&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.&fp=6a747e02e7e6afbf](http://images.google.com/search?tbm=isch&hl=cs&source=hp&biw=1024&bih=605&q=elektromor&gbv=2&aq=f&aqi=&aql=&oq=#hl=cs&gbv=2&tbm=isch&sa=X&ei=O4jaTbbzCszs-gaj_KifDw&ved=0CDUQBSgA&q=elektromotor&spell=1&biw=1024&bih=605&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.&fp=6a747e02e7e6afbf)>.

## Seznam příloh

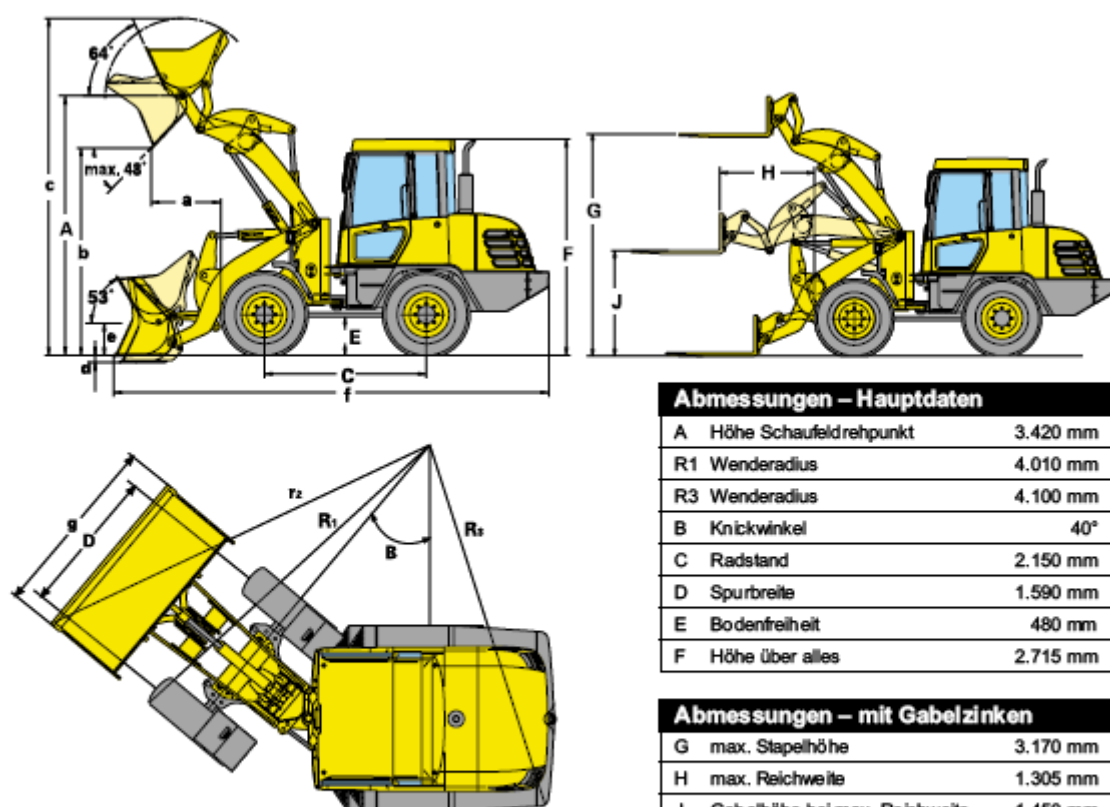
Příloha č. 1 – Pracovní rozměry nakladače KOMATSU

Příloha č. 2 - Výkresová dokumentace

- |                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| - Výrobní výkres horního dílu násypky | KON560-1 |
| - Výrobní výkres dolního dílu násypky | KON560-2 |
| - Výrobní výkres žlabu                | KON560-3 |
| - Výkres sestavy                      | KON560-4 |
| - Kusovník                            | KON560-5 |

Příloha č. 3 - Přiložené CD

Příloha č. 1



Arbeitswerte – Schaufeleinsatz *						
Schaufeltyp		Universal-schaufel		Leichtgut-schaufel		Mehrzweck-schaufel (4-in-1)
Schaufeln (Inhalt gehäuft)	m <sup>3</sup>	1,0	1,1	1,25	1,6	0,9
Schüttgewicht	t/m <sup>3</sup>	1,8	1,7	1,4	1,15	1,8
Schaufelgewicht ohne Zähne	kg	380	390	410	420	670
Stat. Kipplast, gerade	kg	4.515	4.515	4.510	4.440	4.110
Stat. Kipplast, 40° geknickt	kg	3.910	3.910	3.905	3.840	3.515
Max. Reißkraft	kN	72,5	72,5	62,5	52,2	69,3
Max. Hubkraft	kN	57,0	57,0	56,9	55,8	56,2
Betriebsgewicht	kg	5.610	5.620	5.640	5.650	5.900
a Reichweite bei 45°	mm	785	785	870	970	790
b Schütthöhe bei 45°	mm	2.715	2.715	2.625	2.485	2.705
c Höhe Schaufeloberkante	mm	4.465	4.465	4.440	4.535	4.400
d Schürftiefe	mm	105	105	105	130	105
e Höhe Schaufeltransport	mm	350	350	350	350	350
f Gesamtlänge	mm	5.600	5.600	5.720	5.915	5.750
g Schaufelbreite	mm	2.100	2.150	2.100	2.100	2.112
r2 Wenderadius über Schaufel	mm	4.435	4.455	4.490	4.550	4.450